

## PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT DENGAN REAKTOR ANAEROBIK UNGGUN TETAP TIPE ALIRAN KE BAWAH

Renni Yuliasari, Darnoko, Klaus Wulfert<sup>1</sup>, dan Waldemar Gindulis<sup>2</sup>

### ABSTRAK

Pada umumnya pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit dilakukan secara konvensional, yaitu secara biologis dengan menggunakan sistem kolam. Teknik pengolahan limbah dengan sistem tersebut sangat sederhana dan dianggap murah. Namun demikian sistem kolam mempunyai beberapa kelemahan, yaitu lahan yang dibutuhkan untuk mengolah limbah sangat luas, efisiensi perombakan limbah hanya sebesar 60-70%, dan kolam limbah sering mengalami pendangkalan. Reaktor anaerobik unggun tetap merupakan salah satu teknologi alternatif pada pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit. Pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit dengan menggunakan sistem reaktor anaerobik unggun tetap mempunyai beberapa kelebihan jika dibandingkan sistem kolam, yaitu masa retensi yang diperlukan untuk merombak bahan organik menjadi lebih singkat dan efisiensi perombakan lebih tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit dengan menggunakan tipe aliran ke bawah optimum dioperasikan pada laju alir sebesar 144 L/hari dengan waktu penahanan hidrolis selama 1,7 hari dan laju pembebanan COD terlarut sebesar 5,5 kg O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>/hari. Pada kondisi tersebut diperoleh efisiensi perombakan sebesar 90% dengan kandungan COD terlarut sebesar 1.173 mg/L, total padatan tersuspensi sebesar 287 mg/L, pH sebesar 6,8, serta gas bio yang dihasilkan sebesar 766 L/hari dengan kandungan gas metana sebesar 64%.

Kata kunci : limbah cair pabrik kelapa sawit, reaktor anaerobik unggun tetap

### PENDAHULUAN

Limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) berasal dari 3 sumber, yaitu limbah cair yang berasal dari kondensat rebusan, pemisah lumpur, dan limbah cair yang berasal dari pencucian hidrosiklon. Setiap ton tandan buah segar (TBS) yang diolah dapat menghasilkan limbah cair sekitar 0,7 ton (2). Limbah segar yang dihasilkan pabrik kelapa sawit (PKS) tersebut bersifat asam dan masih banyak mengandung bahan-bahan organik tersuspensi yang terdiri dari selulosa dan residu minyak (3). Dengan demikian limbah tersebut dapat mencemari lingkungan apabila dibuang

langsung ke sungai tanpa pengolahan lebih dahulu. Menurut keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51/men.LH/10/95 mengenai baku mutu LCPKS yang dapat dibuang ke sungai adalah kandungan *biological oxygen demand* (BOD) maksimum sebesar 100 mg/L, *chemical oxygen demand* (COD) maksimum sebesar 350 mg/L, total padatan tersuspensi (*total suspended solid* / TSS) maksimum sebesar 250 mg/L, dan pH berkisar antara 6 – 9 (1).

Pada umumnya pengolahan LCPKS dilakukan secara biologis dengan menggunakan sistem kolam, yaitu limbah cair diproses di dalam suatu kolam anaerobik dan aerobik dengan memanfaatkan bakteri untuk menurunkan konsentrasi BOD dan menetralkan keasaman limbah (2). Pengolahan

<sup>1</sup>) Peneliti dari UTEC GmbH, Jerman

<sup>2</sup>) Mahasiswa dari Techn. Hightschool of Bremen and Wolfenbuettel, Jerman

LCPKS dengan sistem kolam dilakukan karena cukup sederhana dan dianggap murah. Namun demikian sistem tersebut mempunyai beberapa kekurangan yang dapat menimbulkan kerugian bagi perkebunan, yaitu (a) lahan yang diperlukan untuk pengolahan limbah sangat luas, yaitu sekitar 7 Ha untuk PKS yang berkapasitas 30 ton TBS/jam. Luasnya kebutuhan lahan tersebut disebabkan oleh waktu retensi yang dibutuhkan untuk mengolah LCPKS dengan sistem kolam cukup lama, yaitu 120 – 140 hari (6), (b) efisiensi perombakan LCPKS relatif rendah, yaitu sebesar 60 – 70%, dan (c) pengolahan LCPKS dengan sistem kolam sering mengalami pendangkalan sehingga masa retensi menjadi lebih singkat dan baku mutu limbah tidak dapat tercapai (4, 5).

Reaktor anaerobik unggul tetap (RANUT) adalah salah satu sistem pengolahan limbah yang dilakukan secara anaerobik dengan kecepatan tinggi dan sangat efisien, serta merupakan teknologi alternatif pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit. Prinsip kerja RANUT adalah perombakan bahan organik oleh bakteri secara anaerobik (tanpa udara) dalam suatu tangki yang berisi *support materials* (bahan pendukung). Bakteri anaerobik tersebut terikat pada bahan pendukung dan membentuk lapisan film. Dengan demikian konsentrasi bakteri dalam tangki sangat tinggi sehingga perombakan bahan organik berjalan jauh lebih cepat dibandingkan dengan sistem kolam. Bakteri tersebut memperoleh energi dari hasil oksidasi bahan organik dan mengubahnya menjadi produk akhir yang berupa padatan yang sudah stabil. Di samping efisiensi yang tinggi, RANUT juga menghasilkan gas metana yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Teknik pengolahan limbah dengan sistem RANUT dapat dilakukan dengan

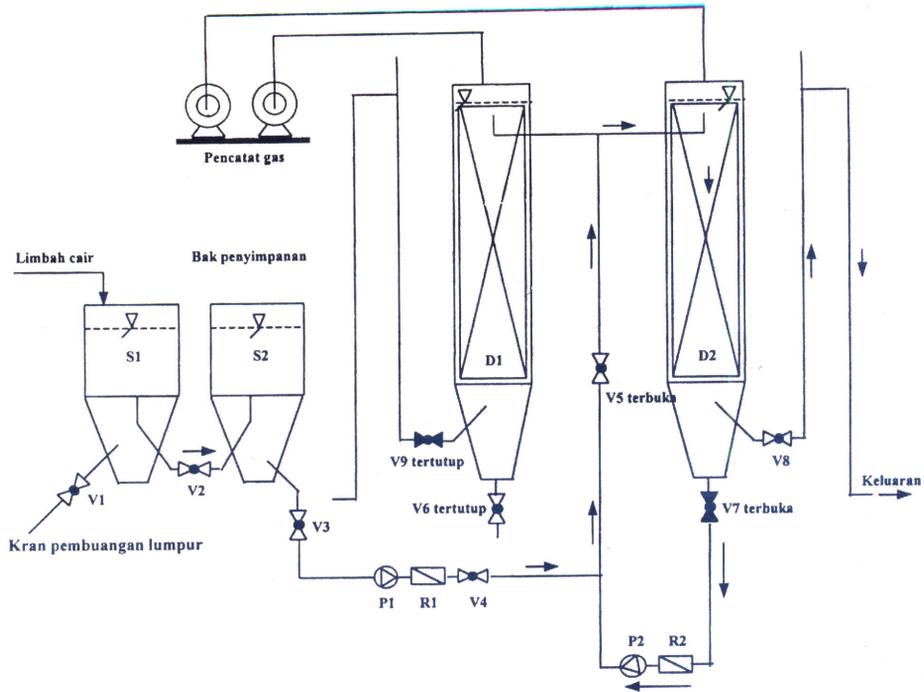
menggunakan sistem aliran ke atas (*up flow*) atau ke bawah (*down flow*), maupun dengan kombinasi keduanya (8). Pengolahan LCPKS dengan menggunakan sistem RANUT mempunyai beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan pengolahan LCPKS sistem kolam, yaitu tidak membutuhkan lahan yang luas, waktu retensi lebih singkat, dan efisiensi pengolahan limbah sangat tinggi, serta dihasilkan gas bio. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui : a) kemampuan pembebanan maksimum RANUT dengan tipe aliran ke bawah untuk mengolah LCPKS, b) waktu penahanan hidrolis minimum, dan c) efisiensi pengolahan LCPKS.

## BAHAN DAN METODE

Limbah cair pabrik kelapa sawit yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari tempat pengutipan minyak di PKS Pagar Merbau, PT Perkebunan Nusantara II.

Teknik pengolahan LCPKS dengan sistem RANUT dilengkapi dengan 2 buah reaktor perombak yang berkapasitas masing-masing sebesar 250 l dan berisi bahan pendukung. Kedua reaktor tersebut beroperasi dengan tipe aliran yang berbeda, yaitu aliran ke atas (D1) dan ke bawah (D2). Selain itu, RANUT juga dilengkapi dengan bak pengendapan (S1), bak pengumpulan (S2), pompa pengumpulan (P1) dan pompa sirkulasi, masing-masing pompa tersebut berkapasitas 62 dan 60 L/jam.

Limbah cair pabrik kelapa sawit yang berasal dari tempat pengutipan minyak mempunyai suhu yang relatif tinggi, yaitu sekitar 50 - 60 °C ditampung dalam bak penampungan berkapasitas 600 L dengan tujuan untuk menurunkan suhu LCPKS menjadi sekitar 35 - 37 °C. Selanjutnya LCPKS dialirkan ke dalam bak S1 dengan tujuan untuk mengendapkan lumpur, pasir,



Gambar 1. Proses pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit dengan menggunakan sistem reaktor anaerobik unggun tetap (D1 tidak aktif, D2 aktif)

dan kotoran yang terdapat di dalam limbah tersebut. Pengolahan LCPKS dengan sistem RANUT dioperasikan dengan menggunakan reaktor tipe aliran ke bawah (D2). Limbah cair pabrik kelapa sawit mengalir dari bak S1 ke bak S2 secara berkesinambungan, selanjutnya dipompakan ke dalam reaktor D2 dengan menggunakan pompa P1 pada kecepatan alir yang berbeda-beda, yaitu 50, 78, 144, 178, dan 228 L/hari. Limbah cair pabrik kelapa sawit akan mengalir dari bagian atas ke bawah (*down flow*) melewati unggun tetap yang berisi bahan pendukung, serta keluar dari bagian bawah. Sebagian LCPKS disirkulasikan kembali ke reaktor D2 dengan menggunakan pompa P2. Sementara itu saluran lim-

bah ke reaktor D1 ditutup. Proses pengolahan LCPKS dengan sistem RANUT selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1. Selama proses perombakan berlangsung perubahan laju alir akan dicatat oleh alat pencatat waktu (*timer*) dan gas bio yang dihasilkan dicatat oleh alat pencatat gas (*gas counter*). Pengambilan sampel dilakukan 3 kali seminggu. Contoh limbah diambil dari 2 tempat, yaitu bak pengumpanan S1 dan saluran keluaran limbah yang berasal dari tangki D2. Sementara itu, contoh gas bio diambil dari saluran keluaran gas bio. Peubah yang diamati ialah produksi gas bio selama proses berlangsung, kandungan metana dalam gas bio, COD terlarut, TSS, dan pH.

Pada penelitian ini juga dilakukan pengamatan terhadap profil lumpur yang terdapat di dalam reaktor D2. Pengamatan profil lumpur dilakukan dengan cara mengeluarkan limbah cair yang terdapat di dalam reaktor D2. Pada setiap pengurangan setinggi 200 cm, volume lumpur yang terdapat di dalam reaktor D2 diukur. Pengukuran volume lumpur dilakukan hingga dasar reaktor.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan LCPKS sistem RANUT beroperasi sejak Oktober 1999 hingga Januari 2000 dengan menggunakan reaktor D2. Karakteristik LCPKS sebelum dan sesudah pengolahan dengan menggunakan sistem RANUT disajikan pada Tabel 1 dan 2 berikut ini.

Tabel 1. Karakteristik limbah cair pabrik kelapa sawit yang diolah dengan menggunakan reaktor anaerobik unggul tetap D2

Laju alir (L/hari)	Umpan			Keluaran			Produksi gas bio (L/hari)	Konsentrasi CH <sub>4</sub> (%)
	COD terlarut (mg/L)	TSS (mg/L)	pH	COD terlarut (mg/L)	TSS (mg/L)	pH		
50	11.019	1.065	5,2	1.281	270	7,0	384	64
78	9.929	649	4,7	565	238	6,9	589	66
144	9.599	988	4,6	1.173	287	6,8	766	64
178	11.634	1.412	4,3	1.679	805	6,7	953	59
228	12.894	1.550	4,4	1.753	741	6,6	1.493	58

Tabel 2. Hasil evaluasi limbah cair pabrik kelapa sawit pada reaktor D2 pada pengolahan limbah dengan sistem reaktor anaerobik unggul tetap

Laju alir (L/hari)	Waktu penahanan hidrolisis (hari)*	Laju pembebanan (kg/m <sup>3</sup> /hari)*	Efisiensi (%)*
50	5,0	2,2	88
78	3,2	3,1	94
144	1,7	5,5	90
178	1,4	8,3	86
228	1,1	11,7	86

Keterangan : \*) dihitung berdasar pada COD terlarut

Pada Tabel 1 di atas menunjukkan bahwa peningkatan laju alir pengolahan LCPKS dengan sistem RANUT dari 50 – 228 L/hari dapat menurunkan kandungan COD terlarut dari sekitar 9.599 – 12.894 mg/L menjadi sekitar 565 – 1.753 mg/L, menurunkan kadar TSS dari sekitar 694 – 1.550 mg/L menjadi 238 – 805 mg/L, meningkatkan pH dari sekitar 4,3 – 5,2 menjadi 6,6 – 7,0, dan dapat meningkatkan produksi gas bio. Gas bio yang dihasilkan tersebut mengandung gas metana ( $\text{CH}_4$ ) yang cukup tinggi, yaitu sekitar 58 – 66%. Menurut Ma dan Ong (3) gas bio yang dihasilkan tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Hal ini disebabkan oleh gas bio memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu sekitar 4.740 – 6.150 kkal/kg (7)

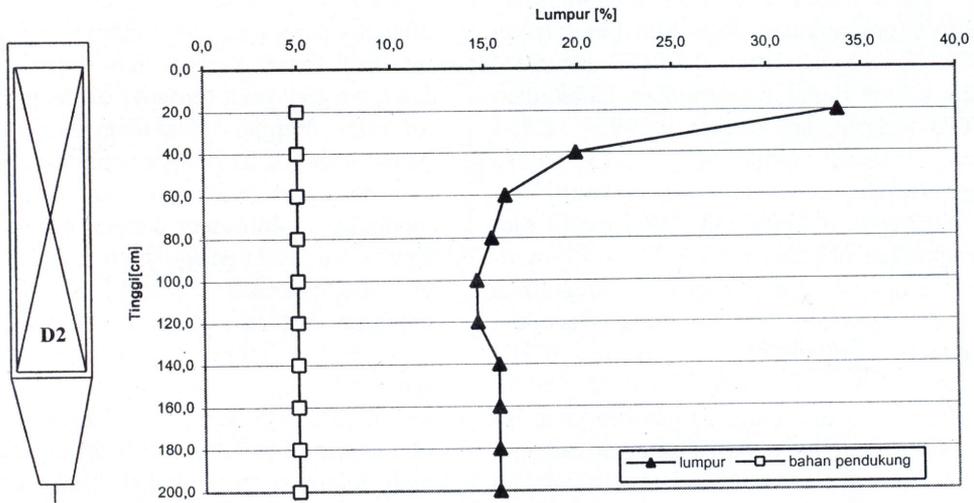
Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa peningkatan laju pembebanan ( $B_R$ ) dapat meningkatkan efisiensi perombakan bahan organik yang terdapat dalam LCPKS. Pada  $B_R$  sebesar 2,2 dan 3,1  $\text{kg/m}^3/\text{hari}$  dapat menghasilkan efisiensi perombakan sebesar 88 dan 94%, sedangkan pada  $B_R$  sebesar 5,5 hingga 11,7  $\text{kg/m}^3/\text{hari}$  efisiensi perombakan LCPKS mengalami penurunan dari 90 hingga 86%. Hal ini disebabkan oleh kemampuan bakteri untuk merombak bahan-bahan organik mengalami penurunan. Namun demikian, hasil evaluasi LCPKS seperti yang tercantum pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pengolahan LCPKS dengan menggunakan sistem RANUT mempunyai kemampuan untuk mengolah LCPKS maksimum pada  $B_R$  sebesar 11,7  $\text{kg/m}^3/\text{hari}$  atau waktu penahanan hidrolisis minimum sebesar 1,1 hari dengan laju alir sebesar 228 L/hari. Kadar COD terlarut pada kondisi tersebut sebesar 1.753 mg/L atau setara dengan BOD sebesar 3.500 mg/L. Namun demikian pada kondisi  $B_R$  yang maksimum tersebut tidak dianjurkan

untuk pengolahan LCPKS walaupun efisiensi perombakannya cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena jika terjadi *shock load*, bakteri yang terdapat di dalam reaktor tidak mampu melakukan perombakan bahan organik, akibatnya akan terjadi pencucian bakteri (*wash out*) dan pH limbah mengalami penurunan dengan cepat. Oleh karena itu, pada pengolahan LCPKS dengan menggunakan sistem RANUT yang menggunakan tipe aliran ke bawah (*down flow mode*) dianjurkan menggunakan  $B_R$  sebesar 5,5  $\text{kg/m}^3/\text{hari}$  dengan waktu penahanan hidrolisis sebesar 1,7 hari dan laju alir sebesar 144 L/hari. Hal ini disebabkan oleh efisiensi perombakan pada kondisi tersebut masih lebih tinggi dibandingkan dengan efisiensi perombakan pada sistem kolam, yaitu sebesar 90% dengan kandungan COD terlarut sebesar 1.173 mg/L, TSS sebesar 287 mg/L, dan pH sebesar 6,8 (Tabel 1). Selain itu, jika terjadi *shock load* pada kondisi tersebut bakteri masih mampu melakukan aktivitasnya untuk merombak bahan-bahan organik yang terdapat dalam LCPKS.

Limbah cair pabrik kelapa sawit yang diolah dengan menggunakan sistem RANUT tidak dapat langsung dibuang ke sungai, karena baku mutu limbah yang telah ditetapkan belum terpenuhi (Tabel 1). Oleh karena itu, LCPKS yang berasal dari RANUT harus diolah secara aerobik. Namun demikian, ditinjau dari karakteristiknya, LCPKS yang diolah dengan sistem RANUT dapat dimanfaatkan sebagai pupuk untuk tanaman kelapa sawit dengan cara aplikasi langsung ke areal tanaman kelapa sawit (7).

#### Profil lumpur dalam reaktor ID2

Menurut Weiland (8) resiko yang sering dijumpai pada pengolahan LCPKS sistem RANUT dengan menggunakan tipe



Gambar 2. Profil lumpur yang terdapat di dalam reaktor D2 dengan tipe aliran ke bawah

aliran ke bawah adalah penyumbatan dan pembentukan buih. Resiko penyumbatan dapat terjadi karena adanya akumulasi lumpur di dalam reaktor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lumpur dalam reaktor D2 terakumulasi maksimum pada bagian atas, yaitu sebesar 33,8% dan minimum pada bagian bawah, yaitu sebesar 15,7% (Gambar 2). Lumpur yang mudah mengendap akan tercuci keluar bersama dengan keluaran LCPKS dari dalam reaktor, sedangkan lumpur yang melayang dapat membentuk buih. Buih yang terbentuk tersebut dapat menyumbat saluran keluaran gas bio. Akibatnya gas bio tidak dapat dihasilkan secara optimal. Oleh karena itu, lumpur yang terdapat dalam LCPKS harus dikurangi.

### KESIMPULAN

Reaktor anaerobik merupakan salah satu teknologi alternatif pada pengolahan

limbah cair. Reaktor anaerobik yang beroperasi dengan menggunakan tipe aliran ke bawah sesuai untuk pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit yang telah dikurangi lumpurnya. Sehingga resiko penyumbatan pada reaktor dapat dihindari. Reaktor tersebut beroperasi secara optimum pada laju alir sebesar 144 L/hari dengan waktu penahanan hidrolisis dan laju pembebanan masing-masing sebesar 1,7 hari dan 5,5 kg/m<sup>3</sup>/hari. Pada kondisi tersebut reaktor mampu menghasilkan efisiensi perombakan sebesar 90% dengan karakteristik limbah sebagai berikut : kandungan COD terlarut, total padatan tersuspensi, pH, dan produksi gas bio berturut-turut sebesar 1.173 mg/L, 287 mg/L, 6,8, dan 766 L/hari. Gas bio yang dihasilkan tersebut mengandung gas metana sebesar 64% dan dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar alternatif.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. BAPEDAL. 1995. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri. Deputi Bidang Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta. P. 1 – 30.
2. LUBIS, A. 1992. Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). Pusat Penelitian Perkebunan Bandar Kuala-Marihat.
3. MA, A.N. and ONG, A.S.H. 1985. Pollution control in palm oil in Malaysia. *JAOCs* 62 (2) : 261 – 266.
4. RAHIM, A and R.A.J. RAJINDER. 1982. Pilot plan study of a biological treatment system for palm oil mill effluent. Proc. Of regional workshop on POME treatment. p. 163 – 172.
5. SPAAN, H.A. 1983. A approach to wastewater problems of the palm oil industry in Indonesia. Paper presented in Medan. RISPA. Indonesia. p. 1 – 19.
6. TOBING, P.L., C. UTOMO, and P.M. NAIBAHO. 1991. Peranan bakteri betagen pada perombakan limbah PKS. *Bulletin Perkebunan* 22 (4) : 261 – 267.
7. TOBING, P.L. 1997. Minimalisasi dan pemanfaatan limbah cair-padat pabrik kelapa sawit dengan cara daur ulang. Direktorat Jenderal Perkebunan dan Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
8. WEILAND, P. 1987. Development of anaerobic filters for treatment of high strength adro-industrial wastewaters. *Bioprocess engineering* 2 : 39 – 47.

T  
U

15

15